

Helsinki 29.09.98

P.7 fi 98/00737

REC'D 08 OCT 1998

WIPO

PCT

PRIORITY DOCUMENT

09/508463

ETUOIKREUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

EV



Hakija  
Applicant

AHLSTROM GLASSFIBRE OY  
Kotka

Patenttihakemus nro  
Patent application no

973721

Tekemispäivä  
Filing date

18.09.97

Kansainvälinen luokka  
International class

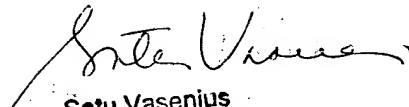
B 32B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Multiakksiaalilujitekudos"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Satu Vasenius  
jaostopäällikkö

Maksu 220,- mk  
Fee 220,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A  
Address: P.O.Box 1160  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500  
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5204  
Telefax: + 358 9 6939 5204

## Multiakksiaalilujitekudos

Esillä olevan keksinnön kohteena on uudentyyppinen painekuormitetuissa laatoissa käytettävä multiakksiaalilujitekudos, jossa ainakin kaksi kuitusuuntaa on noin  $\pm 60^\circ$  suunnassa laatan pituussuuntaan nähden.

Markkinoilla on saatavissa uudentyyppisiä ns. biakksiaalisia kudoslaitoja, jotka poikkeavat perinteisistä kudoksista. Perinteiset kudoksethan muodostuivat tavallisimmin toistensa suhteen  $90^\circ$  kulmaan sijoittuvista yhteen kudotuista kuiduista. Biakksiaalinen "kudos" voidaan valmistaa niin, että kuitujen välinen kulma poikkeaa  $90$  asteesta (esim.  $\pm 45^\circ$ ). Kuitukerrokset eivät ole varsinaisesti kudottu, vaan ohuella langalla ommeltu yhteen. Nykyään markkinoilta saatavia kudoslaitoja ovat ns.  $\pm 45^\circ$  ja  $0^\circ/90^\circ$  kudokset, joissa siis kuidut ovat joko  $45$  asteen kulmassa laatan sivuihin nähden tai sitten laatan sivujen suuntaisia.

Keksinnössämme on näiden uusien kudosten antamien mahdollisuuksien mukaan lähdetty optimoimaan painekuormitettua laattaa eri sivusuhteille vaihtamalla kuitujen välistä kulmaa. Lasikuidut ovat näissä kudoslaitoissa tavalliseen, edellä kuvattuun perinteiseen kudokseen verrattuna suoria. Tämä voi aiheuttaa käytännössä suuremman kuitupitoisuuden laminaatissa ja siitä johtuen korkeampia jäykkyys- ja lujuusarvoja.

Käyttämällä uudentyyppistä multiakksiaalista kudoslaitoa on mahdollista parantaa painekuormitettua lujitemuovilaattaa niin, että sekä taipuma että jännitystaso laskevat verrattuna  $0^\circ/90^\circ$  tai  $\pm 45^\circ$  laminaattiin. Tyypilliselle venelaminaatille ja -kuormalle optimaalinen kuitukulma on suurella sivusuhtealueella  $55^\circ$  ja  $90^\circ$  asteen välillä.

Keksinnön mukaisella laminaatilla saatavia etuja ovat mm. vaurioluvun pieneneminen noin  $10\%$  verrattuna  $0^\circ/90^\circ$  laminaatin vauriolukuun, jäykkyyden

lisääntyminen noin 5 - 10%:lla ja näistä seuraavana lopputuotteen noin 10 %:n  
palnonsäästö.

Keksinnön mukaiselle multiakksiaalilujitekudokselle tunnusmerkilliset seikat  
käyvät ilmi oheisista patenttivaatimuksista.

Seuraavassa keksinnön mukaista multiakksiaalilujitekudosta selitetään  
yksityiskohtaisemmin viittaamalla oheisiin kuvioihin, joista  
Kuviossa 1 esitetään kaavamaisesti perinteinen roving- kudokse ja keksinnön  
mukainen multiakksiaalinen (kuviossa sen biakksiaalinen versio) kudokse,  
10 kuviossa 2 esitetään keksintöön johtaneessa tutkimuksessa käytettyjä laattoja  
ja erityisesti niiden kuitukulmia ja sivusuhteita,  
kuvioissa 3 - 6 esitetään painekuormitettujen lujitemuovilaattojen taipumaa  
sekä laminaatin suurinta vauriolukua sivusuhteilla 1.0, 1.5, 2.0 ja 3.0.

15 Tähän keksintöön johtaneessa tutkimustyössä keskityttiin tutkimaan sekä  
kuitujen suunnan että käytettävän laatan sivusuhteen vaikutusta laatan  
taipumaan ja laminaatin jännityksiin. Elementtimenetelmän avulla laskettiin  
laatan käyttäytymistä eri sivusuhteilla. Tutkittavaksi valittiin tyypillinen  
venelaminaatti, joka sisältää osittain uudentyyppistä  
20 multiakksiaalilujitekudomateriaalia ja pinnoissa lasikuitumattoa.

Kyseinen laminaatti on symmetrinen keskipinnan suhteen. Ensimmäinen ja  
viimeinen kerros ovat lasikuitumattoa (300g/m<sup>2</sup>) ja välissä on neljä kerrosta  
uudentyyppistä multiakksiaalilujitekudosta (920 g/m<sup>2</sup>). Laskelmissa käytettiin  
25 seuraavia jäykkyys- ja lujuusarvoja:

**Matto 300:**

Kuitupitoisuus	[Vol-%]	20
Kuitupitoisuus	[paino%]	35
E	[GPa]	9.7
G	[GPa]	3.6
$\nu$	[-]	0.325
t	[mm]	0.6
$\sigma_{\text{reto}}$	[MPa]	120
$\sigma_{\text{päästö}}$	[MPa]	150
$\tau$	[MPa]	70

**Puoli kerros kudos 920:**

Kuitupitoisuus	[Vol-%]	40
Kuitupitoisuus	[paino%]	59
$E_1$	[GPa]	28.0
$E_2$	[GPa]	8.4
$G_{12}$	[GPa]	5.2
$\nu_{12}$	[-]	0.06
$\nu_{21}$	[-]	0.2
t	[mm]	0.45
$\sigma_{1\text{-reto}}$	[MPa]	480
$\sigma_{1\text{-päästö}}$	[MPa]	400
$\sigma_{2\text{-reto}}$	[MPa]	40
$\sigma_{2\text{-päästö}}$	[MPa]	140
$\tau_{12}$	[MPa]	35

**Taulukko 1. Eri kerrosten jäykkyy- ja lujuusarvot. Alaindeksi "1" tarkoittaa kuitujen suunnassa, alaindeksi "2" kuitusuuntaan kohtisuorassa.**

- 5 Tutkimuksessa käytetyn laatan lyhyen sivun pituus oli aina 0.5 m. 0°/90°-laminaattia analysoitiin vertailun vuoksi. Se edustaa perinteisen roving-kudoksen kuitusuuntaa.

Ohuet painekuormitetut lujitemuovilaatat käyttäytyvät tutkimuksen mukaan  
10 epälineaarisesti eli suurella painekuormalla taipuma ei kasva lineaarisesti kuorman mukana. Luotettavien tulosten saaminen edellyttää, että tämä ominaisuus otetaan huomioon suorittamalla epälineaarinen analyysi.

Tutkimuksen epälineaarinen staattinen analyysi suoritettiin "NASTRAN 66" elementtimenetelmäohjelmalla, joka sisältää epälineaarisen ratkaisijan lisäksi sopivan materiaalimallin lujitemuovirakenteille. Laskelmat ajettiin "CRAY X-MP" supertietokoneella.

Kaikissa laatoissa käytettiin samoja reunaehdoja ja materiaaliarvoja. Kaikki reunat tuettiin nivelellisesti niin, että kaikki kiertymät ovat vapaita ja siirtymät estettyjä. Laattoja kuormitettiin 30 kPa tasaisella paineella. Käytännössä tämä arvo vastaa pieneen veneeseen kohdistuvia iskumaisia aaltokuormia.

Tuloksissa on vertailtu laatan suurinta taipumaa sekä laminaatin suurinta vauriolukua ("Tsai-Wu -teorian mukaan). Vaurioluku kuvaa jokaisen kerroksen jännitystasoa. Mikäli sen arvo on alle 1, kerroksen jännitykset ovat sallittua tasoa pienempiä. Ensimmäinen vaurio tapahtuu vaurioluvun saavuttaessa arvon 1.

Tulokset on esitetty kuvioissa 3 - 6.

Kuviosta 3 näkyy, että kuitusuuntien vaikutus taipumaan on sivusuhteella 1 varsin pieni. Kuitusuunnat  $\pm 45^\circ$  ovat edullisimmat vauriolukuun nähden.

Kuvioista 4 - 6 nähdään, että laatan käyttäytyminen on käytännöllisesti katsoen samanlaista sivusuhteilla, jotka ovat suurempia kuin 1.5. Pienin taipuman arvo saavutetaan kuitusuunnalla  $90^\circ$ . Vaurioluku on pienin  $\pm 60^\circ$  kuitusuunnilla.

Käytännössä voidaan todeta, että käyttökelpoisia ovat kuitusuunnat  $\pm 55^\circ$  -  $\pm 75^\circ$ , edullisemmin  $\pm 58^\circ$  -  $\pm 65^\circ$ , joskin kuvioden mukaan kuitusuunta  $\pm 60^\circ$  antaa parhaan tuloksen.

Laatan taipuma:

Optimaalinen kuitukulma on suurella sivusuhtealueella 75 ja 90 asteen välillä. Taipuman erot verrattuna 0°/90° ja ±45° laminaattiin ovat 10% luokkaa suurella sivusuhtealueella. Erot ovat pieniä sivusuhteella 1.

5 Vaurioluku:

Suurin vaurioluku on kaikissa esimerkeissä toisessa kerroksessa, eli ensimmäisessä kudoksetuksessa laatan sisäpuolella (vetopuolella).

Optimaalinen kuitukulma on 60° ja 90 asteen välillä paitsi sivusuhteella 1, jossa  
10 se on 45 astetta. Verrattuna 0°/90° laminaatin vaurioluku pienenee noin 15%.

Tutkimus osoitti myös sen, että biaksiaalisella laminaatilla ei ole mahdollista hyödyntää täysin kuitujen lujuutta. Mainituille sovellutuksille vaurioluvun pienentäminen on vielä mahdollista käyttämällä kolmatta tai jopa useampaa  
15 kuitusuuntaa, jolloin voidaan hyvällä syyllä puhua multiaksiaalilaminaatista.

4 2

Patenttivaatimukset:

20

1. Multiaksiaalilujitekudos, joka koostuu ainakin kahdesta kuitukerroksesta joiden kuitusuunnat muodostavat kulman sekä toistensa että laatan sivujen suhteen ja jotka kuitukerrokset on liitetty toisiinsa ompelemalla, tunnettu siitä, että laatan sivusuhte on vähintään 1.5 ja mainittujen kuitusuuntien ja laatan  
25 sivujen välinen kulma on ±55° - ±75°.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen multiaksiaalilaminaatti, tunnettu siitä, että mainittujen kuitusuuntien ja laatan sivujen välinen kulma on ±58° - ±65°.

30 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen multiaksiaalilaminaatti, tunnettu siitä, että mainittujen kuitusuuntien ja laatan sivujen välinen kulma on noin ±60°.

8  
L3

1/2



Fig. 1

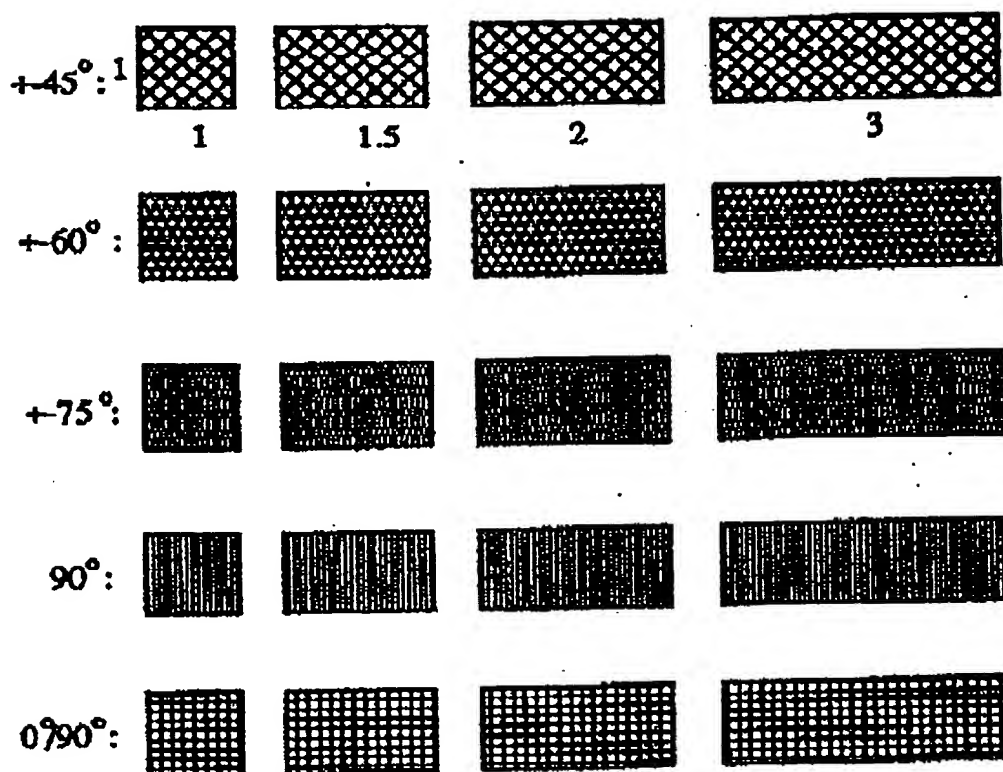


Fig. 2

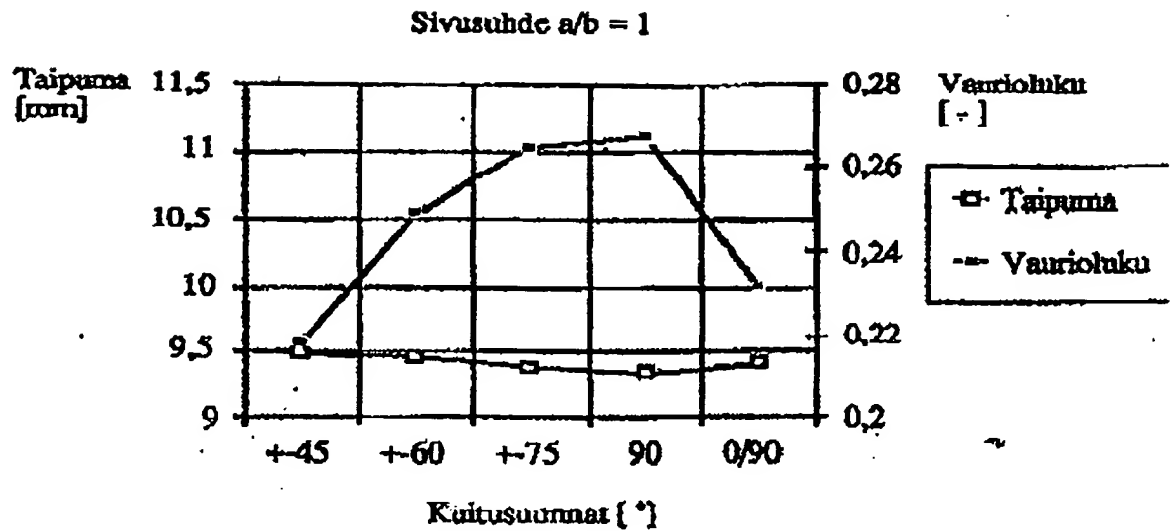


Fig. 3

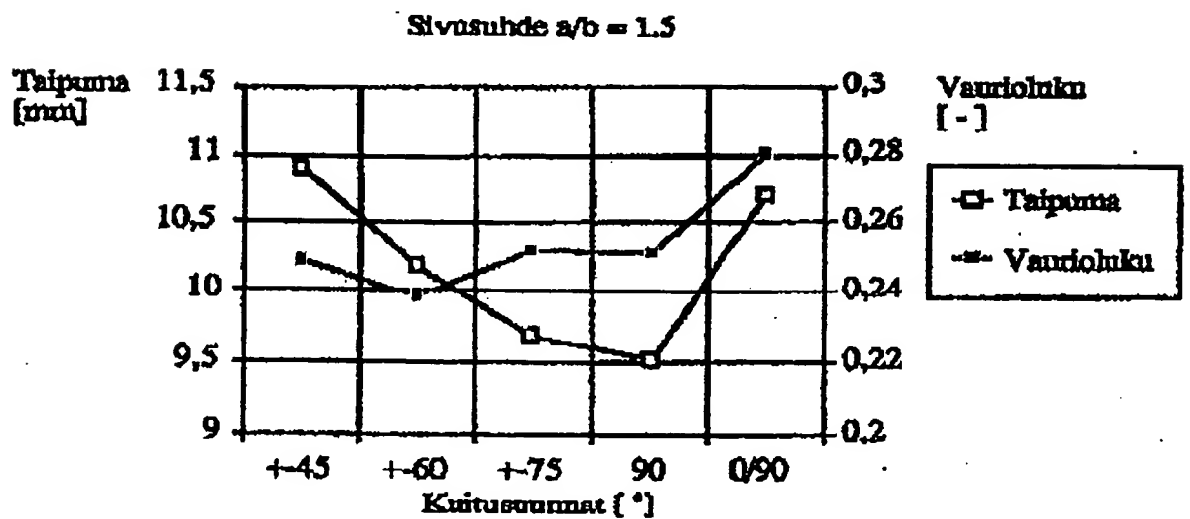


Fig. 4



8

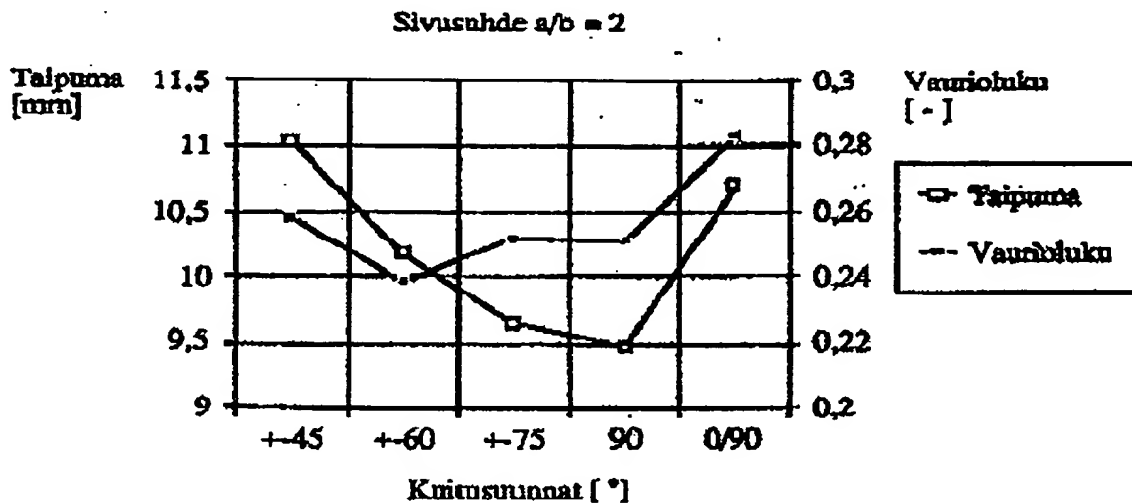


Fig. 5

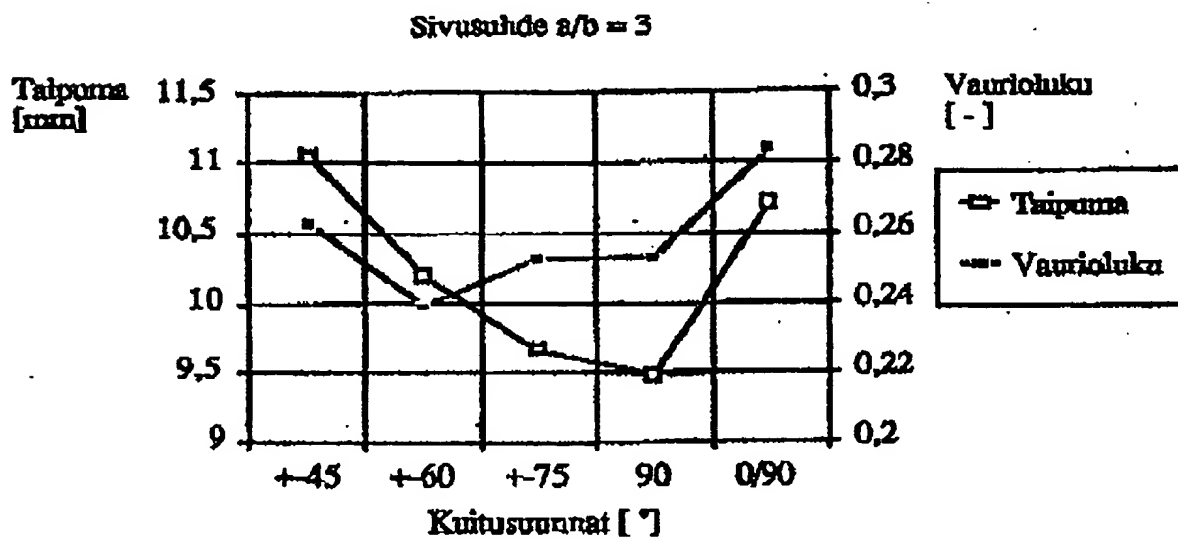


Fig. 6

